



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 13 861.5

22 Anmeldetag: 27. 4. 89

43 Offenlegungstag: 30. 11. 89

2

DE 3913861 A1

BEST AVAILABLE COPY

30 Unionspriorität: 32 33 31  
19.05.88 JP 65149/88 12.11.88 JP 147049/88

71 Anmelder:  
Ohkura Electric Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:  
Münzhuber, R., Dipl.-Phys., 8000 München;  
Boehmert, A., Dipl.-Ing.; Hoormann, W., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing., 2800 Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Eitner,  
E., Dipl.-Ing., 8000 München; Winkler, A., Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte; Stahlberg, W.; Kuntze, W.; Kouker, L.,  
Dr., Rechtsanwälte, 2800 Bremen

72 Erfinder:  
Morimura, Toshiaki; Daimaru, Norio; Wachi, Akira,  
Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verlagerungs-Detektor

Es wird ein Verlagerungs-Detektor vorgeschlagen, der mit einer gedruckten Schaltkarte versehen ist, die sich durch einen vergleichsweise gleichförmigen magnetisierten Spalt eines Kerns erstreckt. Der Kern ist im wesentlichen eine geschlossene Schleife aus einem magnetischen Material mit einem Hohlraum. Ein magnetischer Schenkel erstreckt sich von einem Abschnitt der Schleife zu dem hohlen Raum unter Bildung des erwähnten Spaltes zwischen dem sich erstreckenden Ende des Schenkels und einer zu diesem weisenden Teil der Schleife. Eine erste Spule ist auf den Schenkel des Kerns aufgelegt. Die gedruckte Schaltkarte hat eine zweite Spule mit einer Mehrzahl von mit Abstand gegeneinander angeordneten Bahnen mit schräg verlaufenden Abschnitten, so daß sich die Verkettung des magnetischen Flusses des Spaltes des Kerns mit der zweiten Spule sich in Abhängigkeit von der Relativverlagerung zwischen dem Kern und der gedruckten Schaltkarte ändert. Der schräge Abschnitt der zweiten Spule kann symmetrisch bezüglich einer Mittellinie gemacht werden, die parallel zu der Relativbewegung zwischen dem Kern und der gedruckten Schaltung verläuft.

DE 3913861 A1

Die Erfindung betrifft einen Verlagerungs-Detektor, insbesondere einen Verlagerungs-Detektor, der magnetisch eine lineare oder eine Winkelverlagerung berührungsfrei erkennt und die erkannte Verlagerung in ein elektrisches Signal umwandelt. Der Detektor nach der Erfindung hat eine hohe Linearität zwischen Eingangsteil und Ausgangssignal und kann als ausgezeichnetes Steuerelement zur Feedback-Steuerung für Handhabungsgeräte, Aufzeichnungselemente oder dergleichen verwendet werden.

Die deutsche Patentschrift 25 11 683 zeigt einen typischen Detektor zum magnetischen Erkennen einer Verlagerung, wie sie in der Draufsicht nach Fig. 4A und in der Seitenansicht nach Fig. 4B dargestellt ist. Ein Kern 1 mit U-förmigen Querschnitt besteht aus einem magnetischen Material mit einer hohen Permeabilität, um den eine Erregerspule 2 gewickelt ist. Eine Wechselspannungsquelle 16 ist mit den Erregeranschlüssen  $D_1$  und  $D_2$  der Erregerspule 2 zur Erregung des Kerns 1 verbunden. Der Kern 1 hat einen Spalt 20, durch den sich eine gedruckte Schaltkarte 3 erstreckt. Eine Detektionsspule 4a, die auf der gedruckten Schaltkarte 3 ausgebildet ist, kreuzt den Spalt 20, so daß eine Verkettung zwischen dem magnetischen Fluß des Spalts 20 und der Detektionsspule 4a bewirkt wird. Die Detektionsspule 4a hat eine Anzahl von Bahnen, die jeweils einen kantenartigen schrägen Abschnitt 4b aufweisen, so daß die Verkettung zwischen der Detektionsspule 4a und dem magnetischen Fluß des Spalts 20 sich in Abhängigkeit von der Position des Kerns 1 relativ zu der gedruckten Schaltkarte 2 ändert.

Die Erregerspule 2 kann entweder auf einem Verbindungsabschnitt der beiden Schenkel des U-förmigen Kerns 1, wie in den Fig. 4B und 4C gezeigt, oder aber auf den beiden Schenkeln, wie in Fig. 4D gezeigt, gewickelt sein. Bei einem U-förmigen Kern 1 ist der magnetische Widerstand des Spalts 20, wie er von der Erregerspule 2 gesehen wird, nicht gleichförmig. Wenn der Kern 1 durch eine Wechselspannung von der Wechselspannungsquelle 16 erregt wird, ist die Flußdichte in dem Spalt 20 nicht gleichförmig. Die Flußdichten in dem Spalt 20 sind in dem geschlossenen Abschnitt, dem Zentralabschnitt und dem offenen Endabschnitt durch  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  angegeben. Ihre Größen nehmen in dieser Reihenfolge ab, d. h.  $B_1 > B_2 > B_3$ . Wenn der Kern 1 aus einem Material mit hoher Permeabilität, etwa Ferrit besteht, ist das Verhältnis der Permeabilität zwischen Ferrit und Luft in der Größenordnung von 100 : 1, die Ungleichmäßigkeit der magnetischen Flußdichte in dem Luftspalt 20 kann daher nicht vernachlässigt werden.

Der U-förmige Kern 1 nach dem Stand der Technik hat weiter Nachteile. So ist es schwierig, eine Wicklung oder Spule auf einen solchen Kern aufzubringen, eine besondere Wicklungsmaschine ist erforderlich. Die Ausbildung der Erregerspule 2 auf dem Kern 1 ist relativ schwierig. Der Spalt 20 wird groß gemacht, um das Aufwickeln der Erregerspule 2 zu ermöglichen, was zu einer Reduktion der in der Detektionsspule 4a erzeugten Spannung führt. Wenn ein Fremdmaterial in die Nähe des offenen Endes des Spalts 20 gebracht wird, wird die Flußdichte in dem Spalt 20 gestört, dies kann zu einem Fehler führen.

In Abhängigkeit von der Verkettung des Wechselstromflusses erzeugt die Erregerspule 4a ein elektrisches Signal  $e$  über den Ausgangsanschlüssen  $T_1$  und  $T_2$ . Da jede Bahn der Detektionsspule 4a einen schrägen

Abschnitt 4b hat, hängt die Wechselstrom-Flußverkettung der Detektionsspule 4a von der Relativverlagerung zwischen dem Kern 1 und der gedruckten Schaltkarte 3 ab. Das Ausgangssignal  $e$  gibt so die Relativverlagerung an. Insbesondere wird die mechanische Relativverlagerung  $X$  zwischen dem Kern 1 und der gedruckten Schaltkarte 3, wie sie in Fig. 4A gezeigt ist, in ein elektrisches Signal  $e$  gewandelt.

In Fig. 4A kann, wenn der Ursprung des Koordinatensystems für die Verlagerung  $X$  auf dem äußeren linken Ende der Detektionsspule 4a angeordnet ist und wenn die schrägen Abschnitte 4b der benachbarten Bahnen der Detektionsspule 4a aufeinanderfolgend mit Abstand voneinander angeordnet sind, wie dies in der Figur dargestellt ist, das Verhältnis zwischen der Verlagerung  $X$  und dem Ausgang  $E$  ausgedrückt werden, wie dies in der Darstellung von Fig. 5 wiedergegeben ist. Das Symbol 1' von Fig. 4A zeigt den Kern 1 an dem Ursprung des Koordinatensystems, das Bezugszeichen 5 gibt ein Isolationsblatt auf der gedruckten Schaltkarte 3 an. Die durchgezogene gestreckte Linie  $OP$  von Fig. 5 stellt eine lineare Beziehung an, die nur erreicht werden kann, wenn die magnetische Flußdichte, in dem Spalt 20 des Kerns 1 gleichförmig ist. Die vertikale Höhe der durchgezogenen Linie  $OP$  ist proportional zu dem physikalischen Bereich der Verkettung zwischen der Detektionsspule 4a und dem Kern 1 und mit einem kantenförmigen schrägen Abschnitt 4b der Detektionsspule 4a. Der physikalische Verkettungsbereich verändert sich linear mit der Relativverlagerung  $X$ . Die magnetische Flußdichte in dem Spalt 20 des Kerns 1 ist so gleichförmig, die lineare Beziehung der gestreckten Linie  $OP$  kann bewirkt werden.

Die tatsächliche magnetische Flußdichte in dem Spalt 20, ist tatsächlich jedoch, wie oben ausgeführt, nicht gleichförmig. Das tatsächliche Ausgangssignal  $e$  wird, beispielsweise, durch eine Anzahl von Kurven 6, 7 und 8 von Fig. 5 wiedergegeben, die von der durchgezogenen Linie  $OP$  abweichen.

Um eine derartige Nicht-Linearität zu vermeiden, wurden eine Mehrzahl von Verfahren vorgeschlagen. Der Spalt 20 kann schräg zulaufend ausgebildet werden, so daß er enger wird und der magnetische Widerstand geringer wird, wenn sich dieser von dem geschlossenen Ende zu dem offenen Ende erstreckt, so daß eine im wesentlichen gleichförmige Verteilung der magnetischen Flußdichte in diesem ergibt. Es ist jedoch schwierig, den Kern 1 mit einem derartig zulaufenden Spalt auszubilden, ein sich verjüngender Spalt 20 wurde nicht verwendet.

Das japanische Gebrauchsmuster 16 34 377 (japanische Gebrauchsmusteranmeldung 33 369/85) offenbart ein praktikableres Verfahren, bei dem ein U-förmiger Kern mit zwei langen Schenkeln und zwei gedruckten Schaltkarten verwendet werden, die in dem Spalt 20 zwischen den beiden langen Schenkeln angeordnet sind. Eine erste der beiden gedruckten Schaltkarten 3 hat einen Detektionskern 4a ähnlich demjenigen von Fig. 4A. Eine zweite der beiden gedruckten Schaltkarten 3 ist auf der einen Seite der ersten Schaltkarte 3 aufrecht angeordnet und trägt eine (nicht gezeigte) Detektionsspule 4a'. Die Detektionsspule 4a und 4a' haben eine übereinstimmende Form, sie sind jedoch in dem Spalt 20 umgekehrt angeordnet. Eine Abweichung von einer linearen Charakteristik in der zweiten Spule 4a ist entgegengesetzt zu derjenigen in der ersten Detektionsspule 4a. Die Spannung  $e$  in der ersten Detektionsspule 4a und die Spannung  $e'$  in der zweiten Detektionsspule

4a' werden addiert, so daß sich Abweichungen von einer Linearcharakteristik in den beiden Spannungen ausgleichen, die Summe ( $e + e'$ ) als Ausgangssignal des Verlagerungsdetektors verwendet. Statt die beiden gedruckten Schaltkarten 3 Seite an Seite anzuordnen, können die beiden gedruckten Schaltkarten einander überlappend angeordnet sein, wobei die Neigungen der Spulen 4a, 4a' in umgekehrter Richtung sind.

Das japanische Gebrauchsmuster 16 95 217 (japanische Gebrauchsmusteranmeldung 3 684/87) lehrt eine andere Lösung, die eine gedruckte Schaltkarte 3 verwendet, die erste und zweite Detektionsspulen 4a, 4a' (nicht gezeigt) trägt, die auf den gegenüberliegenden Seiten der gedruckten Schaltkarte 3 angeordnet sind. Die Form der ersten Detektionsspule 4a ist derart, daß die Verkettung seines magnetischen Flusses mit der Verlagerung X zunimmt, während die zweite Detektionsspule 4a' so geformt ist, daß die Verkettung des magnetischen Flusses während der Verlagerung X abnimmt. Eine Abweichung von der Linearität wird eliminiert durch Bilden der Summe der beiden Spannungen, die in der ersten und der zweiten Detektionsspule 4a, 4a' induziert werden.

Die Lösungen der Nicht-Linearität in den beiden eben erwähnten Gebrauchsmustern haben jedoch den Nachteil, daß zwei Detektionsspulen 4a, 4a' gebildet werden müssen, was den Herstellungsprozeß komplizierter macht. Insbesondere wenn die gegenüberliegenden Flächen der gedruckten Schaltkarte durch die beiden Detektionsspulen 4a, 4a' belegt werden, wird es schwierig oder teuer, andere Mittel auf der gedruckten Schaltkarte für weitere Funktionen vorzusehen.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Verlagerungsdetektor zu schaffen mit einem verbesserten Kern, der eine vergleichsweise gleichförmige Verteilung der magnetischen Flußdichte in seinem Spalt hat. Der Kern in dem Verlagerungsdetektor löst weiter die Nachteile des Kerns nach dem Stand der Technik.

In einem Ausführungsbeispiel nach der Erfindung wird der Kern durch Bilden eines ersten und eines zweiten magnetischen Elements geschaffen. Das erste magnetische Element hat drei Schenkel, die an dem einen Ende miteinander verbunden sind, so daß ein E-förmiger Querschnitt gebildet wird. Der zentrale Schenkel ist kürzer als die beiden seitlichen Schenkel. Eine erste Spule liegt auf dem zentralen Schenkel auf. Das zweite magnetische Element erstreckt sich über die Enden der beiden seitlichen Schenkel unter Bildung eines Spalts zwischen dem sich erstreckenden Ende des zentralen Schenkels und dem zweiten magnetischen Element. Die erste Spule kann eine Erregerspule zum Magnetisieren des Kerns zur Erzeugung eines magnetischen Flusses in dem Spalt sein.

Mit dem Kern des Verlagerungsdetektors nach der Erfindung kann die erste Spule gesondert gewickelt und auf den zentralen Schenkel des ersten magnetischen Elements aufgesetzt sein, so daß der Wickelvorgang der ersten Spule sehr einfach ist. Der Kern nach der Erfindung ist nicht U-förmig, sondern hat eine geschlossene Schleife von magnetischem Material über die beiden seitlichen Schenkel des ersten magnetischen Elements, so daß die Flußdichte in dem Spalt gleichförmiger ist als bei dem üblichen U-förmigen Kern. Die geschlossene Schleife des magnetischen Materials macht den Kern weniger anfällig gegenüber magnetischen Einflüssen von außen als bei einem U-förmigen Kern. Gegenüber dem üblichen U-förmigen Kern ist der Kern nach der Erfindung einfacher herzustellen, da das erste und das

zweite magnetische Element gesondert hergestellt werden können und leicht zu montieren sind und die zweite Spule einfach montiert werden kann, wie dies oben angegeben ist.

Der Spalt des Kerns nimmt eine zweite Spule derart auf, daß die zweite Spule und der Kern relativ zueinander beweglich sind. Vorzugsweise ist die zweite Spule auf einer gedruckten Schaltkarte aufgedruckt. Die zweite Spule hat schräge Abschnitte, die bezüglich der Relativbewegung zwischen dem Kern und der zweiten Spule geneigt sind. Aufgrund des geneigten Abschnitts ist der Verkettung des magnetischen Flusses zwischen dem Kern und der zweiten Spule von der Relativposition zwischen diesen abhängig. Die zweite Spule kann eine Detektionsspule sein, die eine Ausgangsspannung erzeugt, die zu der magnetischen Flußverkettung proportional ist und entsprechend zu der relativen Verlagerung zwischen dem Kern und der zweiten Spule proportional ist.

Es ist natürlich möglich, die erste Spule als Detektionsspule und die zweite Spule als Erregerspule zu verwenden.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Verlagerungs-Detektors mit einer verbesserten gedruckten Schaltkarte. In einem anderen Ausführungsbeispiel des Verlagerungselements nach der Erfindung trägt ein Kern mit einem Spalt eine erste Spule, die auf diesem aufgebracht ist. Eine gedruckte Schaltkarte, die eine zweite gedruckte Spule trägt, erstreckt sich durch den Spalt des Kerns derart, daß die gedruckte Schaltkarte und der Kern relativ zueinander beweglich sind.

Um die letzterwähnte Aufgabe zu erfüllen, hat die zweite Spule eine Mehrzahl von Bahnen mit geneigten Abschnitten, die symmetrisch bezüglich der gemeinsamen Mittellinie geneigt sind, wobei die gemeinsame Mittellinie parallel zu der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Kern und der gedruckten Schaltkarte verläuft. Die schrägen Abschnitte der zweiten Spulenbahnen sind aufeinanderfolgend mit Abstand voneinander entlang der Mittellinie angeordnet. Die Tatsache, daß jede Bahn der zweiten Spule einen schrägen Abschnitt hat, der bezüglich der Mittellinie symmetrisch ist, bedeutet, daß jede Bahn zwei schräg verlaufende Abschnitte hat, wobei ein schräger Abschnitt auf der einen Seite der Mittellinie und ein anderer schräger Abschnitt auf der gegenüberliegenden Seite der Mittellinie ist und die beiden schrägen Abschnitte symmetrisch sind. Aufgrund der Symmetrie bezüglich der Mittellinie weichen in den beiden schrägen Abschnitten induzierte Spannungen von der Linearität in entgegengesetzte Richtung ab, unter der Voraussetzung, daß das magnetische Feld in dem Spalt sich linear ändert. Die Gesamtspannung wiederum, die sich aus der Summe der Spannungen der beiden schrägen Abschnitte ergibt, ist im wesentlichen linear, da die Abweichungen in den beiden schrägen Abschnitten einander kompensieren.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel anhand einer Zeichnung erläutert wird. Dabei zeigt

Fig. 1A eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Verlagerungs-Detektors nach der Erfindung;

Fig. 1B eine schematische Seitenansicht des Verlagerungsdetektors von Fig. 1A;

Fig. 1C eine perspektivische Explosionsdarstellung eines Kerns eines Verlagerungs-Detektors nach Fig. 1A;

Fig. 2 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer gedruckten Schaltkarte für den Verlagerungs-Detektor nach Fig. 1A;

Fig. 3A, 3B und 3C erläuternde Darstellungen unterschiedlicher Ausführungsbeispiele des Kerns;

Fig. 4A eine Draufsicht eines bekannten Verlagerungs-Detektors;

Fig. 4B eine Seitenansicht des bekannten Verlagerungs-Detektors;

Fig. 4C und 4D erläuternde Darstellungen von üblichen Kernen;

Fig. 5 eine Darstellung des Verhältnisses zwischen der Verlagerung  $X$  und der Ausgangsspannung  $e$  eines Verlagerungs-Detektors;

Fig. 6A eine Draufsicht auf ein anderes Ausführungsbeispiel eines Verlagerungs-Detektors nach der Erfindung;

Fig. 6B eine Seitenansicht dieses anderen Ausführungsbeispiels des Verlagerungs-Detektors nach der Erfindung;

Fig. 7 eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung unter Verwendung einer zylindrischen Schaltkarte; und

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung unter Verwendung einer gedruckten Schaltkarte in Form einer ringförmigen Scheibe.

Einander entsprechende Teile werden in den verschiedenen Figuren mit entsprechenden Bezugszeichen wiedergegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung nach den Fig. 1A, 1B und 1C verwendet einen Kern, der aus einem E-förmigen ersten magnetischen Element 10 mit einem zentralen Schenkel 11 und seitlichen Schenkeln 12, 13 sowie einem zweiten magnetischen Element 15, der sich über die seitlichen Schenkel 12, 13 erstreckt, besteht. Der zentrale Schenkel 11 ist kürzer als die seitlichen Schenkel 12, 13. Zwischen den äußeren Enden des zentralen Schenkels 11 und dem zweiten magnetischen Element 15 ist ein Spalt 20 ausgebildet. In dem Beispiel von Fig. 1B ist eine erste Spule oder eine Erregerspule um den zentralen Schenkel 11 gewickelt. Eine Einkerbung 14 kann an gegenüberliegenden Seiten des zentralen Schenkels zur Ermöglichung der Ausbildung der Erregerspule 2 vorgesehen sein, wobei die Spule 2 gesondert hergestellt und in die Einkerbung 14 eingesetzt sein kann.

Eine zweite Spule oder Detektionsspule 4a, die vorzugsweise in Form einer Spule auf einer gedruckten Schaltkarte 3 ausgebildet ist, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist, ist in einer Ebene durch den Spalt 20 des Kerns 1 angeordnet. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel hat die Detektionsspule 4a eine Anzahl von Bahnen, wobei jede Bahn einen schrägen Abschnitt 4b hat und die Innenfläche der Spule 4a, die in den Spalt 20 (d. h. in dem sich schneidenden Bereich) sich in Abhängigkeit von der Relativposition zwischen dem Kern 1 und der Spule 4a ändert. Die Induktivität der Detektionsspule 4a ändert sich damit in Abhängigkeit von ihrer Position relativ zu dem Kern 1.

In Fig. 1A wird angenommen, daß der Kern 1 sich in der Richtung des Pfeiles  $X$  bewegt, die Erfindung ist jedoch auf einen beweglichen Kern 1 nicht beschränkt. Die Induktivität  $L$  der Detektionsspule 4a kann durch die folgende Gleichung definiert werden:

$$V = L(d/dt),$$

wobei  $I$  der Strom durch die Spule 4a und  $V$  eine Spannung ist, die in der Spule durch eine Änderung des Stromes  $I$  induziert wird. Wenn der Kern 1 die Detektionsspule 4a schneidet, ändert sich die in der Spule 4a induzierte Spannung  $V$  in Abhängigkeit von dem oben erwähnten Überschneidungsbereich, so daß sich auch die Induktivität  $L$  ändert. Da die Detektionsspule 4a wenigstens einen schrägen Abschnitt 4b aufweist, der relativ zu der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Kern 1 und der Spule 4a geneigt ist, ist der oben erwähnte Überschneidungsbereich eine Funktion der Verlagerung des Kerns 1. Die Verlagerung des Kerns 1 oder die Relativverlagerung zwischen dem Kern 1 und der Detektionsspule 4a kann in eine Induktivität der Detektionsspule 4a gewandelt werden.

Wenn eine Wechselspannungsquelle 16 zwischen die Erregerspule 2, wie sie in Fig. 1C gezeigt ist, gelegt wird, schneidet ein magnetisches Wechselspannungsfeld die Detektionsspule 4a, die Verlagerung  $X$  des Kerns 1 kann als eine in der Detektionsspule induzierte Wechselspannung erkannt werden. Die Verlagerung  $X$  wird so von der Detektionsspule 4a in eine Ausgangswechselspannung  $e$  gewandelt werden.

Die Verwendung des E-förmigen ersten magnetischen Elements in dem Kern 1 ermöglicht die Bildung oder Befestigung der Erregerspule 2 auf dem Kern 1, das Problem des Standes der Technik bei der Herstellung dieser Erregerspule 2 ist gelöst. Infolgedessen besteht kein Erfordernis für einen großen Spalt 20 zur Montage der Erregerspule 2, es wird möglich, einen engen Spalt 20 zur Erhöhung der magnetischen Flußdichte in diesem einzusetzen, um eine höhere Ausgangsspannung zu erzeugen und die Genauigkeit der Verlagerungserkennung zu verbessern. Der magnetische Schaltkreis des Kerns 1 ist weiter durch die beiden Seitenschenkel 12, 13 des ersten magnetischen Elements 10 und das zweite magnetische Element 15 geschlossen, die Gleichmäßigkeit des magnetischen Feldes in dem Spalt 20 ist verbessert, so daß ein Fehler aufgrund der Ungleichmäßigkeit des magnetischen Felds in dem Spalt 20 reduziert ist und Störeinträge von außen reduziert werden.

Fig. 2 zeigt eine gedruckte Schaltkarte 3, die die Detektionsspule 4 und eine Hilfsspule 4c aufweist, wobei diese durch drei Isolationsblätter 5 voneinander getrennt und geschützt sind. Die Hilfsspule 4c kann verwendet werden, um verschiedene Korrekturen der Ausgangsspannung von der Detektionsspule 4a zu bewirken und eine geeignete Vorspannung zu erzeugen.

Fig. 3A zeigt ein Ausführungsbeispiel des Kerns 1, der zwei Erregerspulen 2 verwendet, die auf die Seitenschenkel 12 bzw. 13 aufgewickelt sind. In dem Ausführungsbeispiel von Fig. 3B sind das erste magnetische Element 12 und das zweite magnetische Element 15 identisch ausgebildet, nachdem zwei Erregerspulen 2 auf ihre seitlichen Schenkel 12 bzw. 13 aufgewickelt sind, stoßen die beiden Elemente 10 und 15 gegen die äußeren Enden ihrer Seitenschenkel. Fig. 3C zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, in dem identische erste und zweite magnetische Elemente 10, 15 Erregerspulen 2 tragen, die auf deren zentrale Schenkel 11 jeweils anstoßend angeordnet sind in ähnlicher Weise wie bei dem vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiel.

Die Quelle zur Erregung ist nicht auf eine Wechselspannungsquelle 16 beschränkt, es ist auch möglich, stattdessen eine Gleichspannungsquelle zu verwenden, die mit einem geeigneten Schaltmittel versehen ist. Weiter kann die zweite Spule 4a mit der Spannungsquelle 16

für die Erregung verbunden sein. Die erste Spule 2 kann zur Erzeugung einer proportionalen Ausgangsspannung verwendet werden.

Fig. 6A und 6B zeigen ein anderes Ausführungsbeispiel des Verlagerungs-Detektors nach der Erfindung, in dem die Linearität des Ausgangs durch die Verwendung einer Detektionsspule 4a von einer besonderen Form verbessert ist. Die Detektionsspule 4a von Fig. 6A hat eine Mehrzahl von Bahnen, wobei jede Bahn einen schrägen Abschnitt 4b hat, der bezüglich der Mittellinie 21 symmetrisch ist. Diese Mittellinie 21 verläuft parallel zu der Richtung der relativen Verlagerung  $X$  zwischen dem Kern 1 und der gedruckten Schaltkarte 3. Um symmetrisch zu sein, hat der schräge Abschnitt 4b zwei Abschnitte, einen oberhalb und einen unterhalb der Mittellinie 21 von Fig. 6A. Die beiden Abschnitte sind symmetrisch bezüglich der Mittellinie 21 angeordnet. Die schrägen Abschnitte 4b der Detektionsspule 4a sind hintereinander entlang der Mittellinie 21 mit Abstand voneinander angeordnet. In dem Beispiel von Fig. 6A bewegt sich der Kern 1 entlang der Längsrichtung einer rechteckigen gedruckten Schaltkarte 3, die die Symmetrieachse bildenden Mittellinie 21 fällt im wesentlichen mit der Längsmittelachse der gedruckten Schaltkarte 3 überein.

Es ist zu beachten, daß es erfindungsgemäß ausreichend ist, eine Detektionsspule auf lediglich einer Oberfläche der gedruckten Schaltkarte 3 auszubilden, die gegenüberliegende Seite der gedruckten Schaltkarte kann für andere Zwecke verwendet werden.

Fig. 5 zeigt die Ausgangsspannung  $e$  einer Detektionsspule 4a, wenn der Kern 1 sich von dem Ursprung 0 der Koordinate  $X$  entlang der gedruckten Schaltkarte 3 bewegt, wie dies in Fig. 6A gezeigt ist. Bei dem Beginn der Bewegung nimmt die Flußverkettung des schrägen Abschnitts 4b der Detektionsspule 4a an dem Abschnitt oberhalb der Mittellinie 21 von dem Ursprung 0 von Fig. 5 entlang der oberen punktierten Linie 6a zu, während die Flußverkettung an dem Abschnitt unterhalb der Mittellinie 21 entlang der unteren gepunkteten Linie 5a zunimmt. Die Nettoflußverkettung des schrägen Abschnitts 4b, also die Summe der beiden Abschnitte, die durch die beiden gepunkteten Linien 6a gezeigt werden, variiert linear, da Abweichungen von der Linearität in den beiden Bereichen des geneigten Abschnitts 4b ineinander in ihre Größe entsprechen und in ihrer Richtung entgegengesetzt sind, so daß sie einander in der Nettoflußverkettung auslöschen. Entsprechend variiert die Ausgangsspannung  $e$  über den Ausgangsanschlüssen  $T_1, T_2$  linear entlang der durchgezogenen Linie  $OP$  von Fig. 5, d. h. proportional zu dem Durchschnitt der beiden Abschnitte, die durch die beiden gepunkteten Linien 6a dargestellt sind.

Lineare Abweichungen von einer gleichmäßigen Flußdichteverteilung innerhalb des Spaltes 20 auf gegenüberliegenden Seiten der Mittellinie 21 werden also, kurz gesagt, gegeneinander aufgehoben durch Verwendung einer Flußverkettung der beiden Sektionen des schrägen Abschnitts 4b der Detektionsspule in der oben angegebenen Art und Weise, die Ausgangsspannung  $e$  variiert linear mit der Verlagerung  $X$ . Nicht-lineare Eigenschaften, wie sie bei dem Stand der Technik festzustellen sind und durch Fig. 6 von Fig. 5 wiedergegeben werden, werden in die lineare Charakteristik der durchgezogenen Linie  $OP$  korrigiert. Entsprechend werden auch die Charakteristiken der nicht-linearen Kurven 7A in lineare Charakteristiken der durchgezogenen Linie  $OP$  korrigiert durch Nehmen des Durchschnittswertes

der symmetrischen, durch Punkte angedeuteten Charakteristiken 7a und 7b.

Das Problem der nicht-linearen Ausgangs, wie es bei dem Stand der Technik festzustellen ist, aufgrund der nicht-gleichmäßigen Verteilung der Flußdichte in dem Spalt 20 wird so durch Verwendung einer Detektionsspule einer besonderen Form gelöst, wobei die Spule auf lediglich einer Seite der gedruckten Schaltkarte 3 ausgebildet ist.

Das dargestellte Ausführungsbeispiel von Fig. 6 verwendet schräge Abschnitte 4b, die lediglich mit geradlinigen Abschnitten in ähnlichen Mustern mit identischen Winkeln zur Vertikalen ausgebildet sind, d. h.  $A_1 = A_2 = \dots = A_n$ . Bei derartigen identischen Winkeln zur Vertikalen wird eine lineare Ausgangsspannung  $e$  erzeugt entsprechend der Verlagerung  $X$  des Kerns 1. Es ist also möglich, eine nicht-lineare Ausgangsspannung  $e$  für die Verlagerung  $X$  zu erzeugen, etwa polygonale Charakteristika durch Ändern der vertikalen Winkel  $A_1, A_2, \dots, A_n$  von Bahn zu Bahn in geeigneter Weise.

Die Abweichung von einer gleichmäßigen Verteilung des magnetischen Flusses in dem Spalt 20 wird in der obigen Erläuterung als linear angenommen. Auch wenn die Verlagerung nicht linear ist, kann der Ausgang  $e$  für die Verlagerung  $X$  unter Verwendung von gebogenen Abschnitten statt von gestreckten Abschnitten linearisiert werden, auf gegenüberliegenden Seiten der Winkel zu der Vertikalen  $A_1, A_2, \dots, A_n$  in den schrägen Abschnitten 4b der Detektionsspule 4a, während die Form des geschwungenen Abschnitts so ausgebildet wird, um die Änderung des magnetischen Flusses in dem Spalt 20 zu kompensieren.

Fig. 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, das eine zylindrische gedruckte Schaltkarte 3 verwendet. Insbesondere sind die Detektionsspulen 4a auf einer flexiblen gedruckten Schaltkarte 3 angeordnet, woraufhin die gedruckte Schaltkarte 3 auf die Seitenwandung eines Zylinders aufgebracht wird. Wenn die zylindrische gedruckte Schaltkarte 3 in der Abwicklung gezeigt ist, entspricht sie etwa derjenigen von Fig. 6A.

Ein Kern 1 mit einem Spalt 20, in den die zylindrische gedruckte Schaltung 3 paßt, bewegt sich entlang einer zylindrischen Ebene, die durch die gedruckte Schaltkarte 3 definiert wird. Eine Ausgangsspannung  $e$  entsprechend der Winkelverlagerung des Kerns 1 wird über den Ausgangsanschlüssen  $T_1, T_2$  der Detektionsspule 4a erzeugt.

Das Ausführungsbeispiel von Fig. 7 hat eine Steuerungsspule 4c, die auf der Rückseite der gedruckten Schaltkarte 3 ausgebildet ist, wobei eine Steuerspannung  $e_c$  über den Steueranschlüssen  $C_1, C_2$  erzeugt wird. Die Steuerspannung  $e_c$  ist konstant, solange die Flußdichte in dem Spalt 20 unverändert bleibt. Sie ist unabhängig von der Winkelposition des Kerns 1. Der Zweck der Steuerungsspule 4c ist die Beobachtung der Steuerspannung  $e_c$  zur Erkennung einer Änderung in der Flußdichte in dem Spalt 20, beispielsweise aufgrund einer Spannungsänderung der Wechselspannungsquelle 16 oder aufgrund einer Änderung der Umgebungstemperatur, und zum Halten der Flußdichte auf einem konstanten Pegel durch Regulation der Spannung der Wechselspannungsquelle 16.

Fig. 8 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel unter Verwendung einer gedruckten Schaltkarte 8, die in Form einer ringförmigen Scheibe ist und eine Detektionsspule 4a mit einer Vielzahl von Bahnen auf dieser hat. Jede Bahn der Detektionsspule 4a hat einen schrä-

gen Abschnitt 4b, der symmetrisch bezüglich einer Mittellinie 21 ist, die einem Kern mit einem durchschnittlichen Radius der ringförmigen Schaltkarte 3 entspricht. In diesem Ausführungsbeispiel ist auch die Erregerspule 2 auf der gedruckten Schaltkarte 3 ausgebildet. Um die Befestigung auf einem Kern 1 zu ermöglichen, ist ein Schlitz 22 auf der gedruckten Schaltkarte ausgebildet. Eine Drehwelle 23 erstreckt sich senkrecht durch den Mittelabschnitt der scheibenförmigen gedruckten Schaltkarte 3 und wird rotierbar durch ein (nicht gezeigtes) geeignetes Lager gehalten. Der mit einem Spalt 20 versehene Kern 1 ist an der Drehwelle 23 durch einen Klebstoff 24 so befestigt, daß der Kern 1 entlang der gedruckten Schaltkarte 3 beweglich ist, wodurch eine Variation der Verketzung zwischen dem magnetischen Fluß des Spaltes 20 und der Detektionsspule 4a der gedruckten Schaltkarte erzeugt wird. Eine Ausgangsspannung  $e$  in Abhängigkeit von der Winkelposition der Drehwelle 23 wird über den Ausgangsanschlüssen  $T_1$  und  $T_2$  der gedruckten Schaltkarte 3 erzeugt.

Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Beispiele beschränkt. Eine Mehrzahl von Modifikationen sind möglich, ohne den Grundgedanken der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise kann die Detektionsspule 4a auf einem (nicht gezeigten) Aluminiumsubstrat unter Verwendung einer Dickfilntechnik ausgebildet sein, obwohl es einfacher ist, diese Spulen als Element einer gedruckten Schaltkarte 3 auszubilden. In der vorangehenden Beschreibung wurde angenommen, daß sich der Kern entlang einer ortsfesten Detektionsspule 4a bewegt, für die Erfindung ist aber eine relative Verlagerung zwischen dem Kern 1 und der Detektionsspule 4a ausreichend, die Detektionsspule 4a kann relativ zu einem ortsfesten Kern 1 bewegt werden. Es können auch sowohl der Kern 1 als auch die gedruckte Schaltkarte 3 beweglich ausgebildet sein. In den Beispielen der Fig. 6A, 6B und 7 ist der Kern 1 mit der Erregerspule 2 beweglich, so daß eine flexible Verbindung erforderlich ist, um die Wechselspannungsquelle 16 mit den Erregungsanschlüssen  $D_1$  und  $D_2$  der Erregerspule 1 zu verbinden.

Die Wellenform der Wechselspannungsquelle 16 kann beispielsweise sinusförmig, dreieckförmig oder rechteckig sein, ist jedoch auf derartige Formen nicht beschränkt. Von dem Standpunkt der Einfachheit der Oszillation und der Gleichrichtung der Ausgangsspannung ist eine rechteckige Wellenform besonders bevorzugt. Die Erfinder haben erkannt, daß für bestimmte Anwendungsfälle einer Frequenz von etwa 10 kHz bevorzugt ist.

Die Form des Kerns 1 ist nicht auf die Form von U-Typ von Fig. 6B beschränkt. Der Kern von Fig. 1B, der einen geschlossenen magnetischen, einen Spalt 20 umgebenden magnetischen Weg hat, kann zusammen mit der gedruckten Schaltkarte 3 von Fig. 6, die Detektionsspulen 4a mit symmetrischen schrägen Abschnitten 4b hat, verwendet werden. Der geschlossene magnetische Weg des Kerns 1 kann durch Anstoßen der beiden U-förmigen magnetischen Elemente an den freien Enden ihrer Schenkel gebildet sein, statt durch die Kombination eines E-förmigen Elements 10 und des flachen Elements 15 von Fig. 1B. Statt spitzer vertikaler Winkel  $A_1, A_2, \dots, A_n$  in den Ausführungsformen der Fig. 6A bis 8, ist es möglich, wechselnde Winkel zur Vertikalen auszubilden, so daß die schrägen Abschnitte 4b M-förmig sind. Eine Symmetrie bezüglich der Mittellinie 21 ist ausreichend für die Detektionsspule 4a nach der Erfindung.

Die vorteilhaften Wirkungen, die erfindungsgemäß erzielt werden, können wie folgt zusammengefaßt werden.

1. Die Erregerspule 2 (oder aber eine Detektionsspule) kann durch die Verwendung eines E-förmigen magnetischen Elements 10 einfach montiert werden.
2. Der Spalt 20 des Kerns 1 kann klein gemacht werden, um die magnetische Flußdichte in diesem und entsprechend die in der Detektionsspule 4a induzierte Ausgangsspannung zu erhöhen.
3. Die magnetische Flußdichte in dem Spalt 20 kann einfach erhöht werden durch Erhöhen der Anzahl der Bahnen der Detektionsspule 4a, um so die in der Detektionsspule 4a erzeugte Ausgangsspannung zu erhöhen.
4. Der magnetische Fluß in dem Spalt 20 kann in zwei Teile aufgeteilt werden durch die beiden seitlichen Schenkel 12, 13 des E-förmigen magnetischen Elements 10. Die Querschnitte der beiden Schenkel und der mit diesem in Reihe liegenden magnetischen Elemente können so reduziert werden verglichen mit dem Querschnitt eines U-förmigen Kerns. Wenn die Breite des Kerns 1 konstant gehalten wird, kann die Dicke der magnetischen Elemente reduziert werden.
5. Der Spalt 20 wird von magnetischem Material umgeben, so daß die Leakage des magnetischen Flusses minimiert werden kann und die Genauigkeit der Verlagerungs-Detektion und dessen Umwandlung in ein elektrisches Signal verbessert werden kann.
6. Der geschlossene magnetische Kreis um den Spalt 20 verhindert eine Beeinflussung des magnetischen Feldes in diesem aufgrund eines Einflusses von magnetischen Elementen in der Nähe des Spaltes 20.
7. Verglichen mit dem üblichen U-förmigen Kern ist der geschlossene Kern nach der Erfindung bei ähnlichen elektromagnetischen Eigenschaften mechanisch stabiler.
8. Verglichen mit dem üblichen U-förmigen Kern kann der geschlossene magnetische Kern bei gleichen elektromagnetischen Eigenschaften kleiner ausgebildet werden.
9. Nicht-Linearität des Ausgangssignals des Verlagerungs-Detektors aufgrund eines nicht-einheitlichen magnetischen Feldes in dem Spalt 20 kann minimiert werden durch Verwendung der symmetrischen schrägen Abschnitte 4b in der Spule, die relativ zu dem Kern beweglich ist.
10. Eine hohe Linearität des Ausgangssignals des Verlagerungs-Detektors kann sichergestellt werden durch Verwendung lediglich einer Seitenfläche der gedruckten Schaltkarte 3. Die gegenüberliegende Fläche der gedruckten Schaltkarte 3 kann für andere Zwecke, etwa zur Aufbringung einer Steuerspule zum Regulieren der magnetischen Flußdichte in dem Spalt 20 verwendet werden oder aber für eine Spule zur Verbesserung der Empfindlichkeit der Verlagerungserkennung.
11. Auch wenn der magnetische Fluß in dem Spalt 20 sich nicht-linear ändert, kann ein lineares Ausgangssignal gewonnen werden durch Modifizierung der Form der schrägen Abschnitte 4b der Spule nach dem vorangehenden Absatz in geeigneter Weise.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

#### Bezugszeichenliste

1 Kern	10
2 Erregerspule	
3 gedruckte Schaltkarte	
4a Detektionsspule	
4b schräger Abschnitt	
4c Hilfsspule	15
10 magnetisches Element	
11 zentraler Schenkel	
12 seitlicher Schenkel	
13 seitlicher Schenkel	
14 Einkerbung	20
15 zweites Element	
16 Wechselspannungsquelle	
20 Spalt	
21 Mittellinie	
22 Substrat	25
23 Drehwelle	
T <sub>1</sub> Anschluß	
T <sub>2</sub> Anschluß	
X Verlagerung	
A <sub>1</sub> Winkel	30
A <sub>2</sub> Winkel	
A <sub>n</sub> Winkel	
C <sub>1</sub> Anschluß	
C <sub>2</sub> Anschluß	
D <sub>1</sub> Anschluß	35
D <sub>2</sub> Anschluß	

#### Patentansprüche

1. Verlagerungs-Detektor, **gekennzeichnet durch** 40  
einen Kern (1), der aus einem ersten magnetischen Element (10) mit drei Schenkeln (11, 12, 13), die an einem Ende unter Bildung eines E-förmigen Querschnitts miteinander verbunden sind, besteht, wobei der zentrale Schenkel (11) der drei Schenkel (11, 12, 13) kürzer ist als die beiden seitlichen Schenkel (12, 13), eine erste Spule (2), die auf den zentralen Schenkel (1) gewickelt ist und ein zweites magnetisches Element (15), das sich über die sich erstreckenden Enden der beiden seitlichen Schenkel (12, 13) erstreckt, wobei sich ein Spalt (20) zwischen dem sich erstreckenden Ende des zentralen Schenkels (11) und dem zweiten magnetischen Element (15) ergibt, und eine zweite Spule (4a), die sich durch den Spalt (20) des Kerns (1) erstreckt, wobei 55  
die zweite Spule (4a) und der Kern (1) relativ zueinander beweglich sind, und die zweite Spule (4a) einen schrägen Abschnitt (4b) aufweist, der bezüglich der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Kern (1) und der zweiten Spule (4a) geneigt 60  
verläuft.
2. Kern mit einem Spalt für ein Verlagerungselement, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor eine gedruckte Schaltkarte (3) hat, die sich durch den Spalt (20) des Kerns (1) erstreckt, wobei der Kern (1) ein erstes magnetisches Element (10) mit drei an ihrem einen Ende unter Bildung eines E-förmigen Querschnitts miteinander verbundene

Schenkel (11, 12, 13) hat, wobei der zentrale Schenkel (11) der drei Schenkel (11, 12, 13) kürzer ist als die beiden seitlichen Schenkel (12, 13) und eine Spule auf dem zentralen Schenkel (11) angeordnet ist, und mit einem zweiten magnetischen Element (15), das sich über die sich erstreckenden Enden der beiden seitlichen Schenkel (12, 13) ausgebildet ist und einen Spalt (20) zwischen den sich erstreckenden Enden des zentralen Schenkels (11) und dem zweiten magnetischen Element (15) bildet.

3. Kern nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite magnetische Element (15) dem ersten magnetischen Element (10) entsprechend ausgebildet ist und an das erste magnetische Element stößt, wobei die sich erstreckenden Enden der seitlichen Schenkel (12, 13) der beiden Elemente derart in Berührung miteinander gebracht werden, daß ein Spalt (20) zwischen den zentralen Schenkeln gebildet wird.

4. Verlagerungselement, gekennzeichnet durch einen Kern (1) mit einem Spalt (20), wobei der Kern (1) eine erste Spule (2) zum Magnetisieren des Spalts (20) aufweist, und eine zweite, auf diese aufgedruckte Spule (4a) tragende, sich durch den Spalt (20) des Kerns (1) erstreckende gedruckte Schaltung, wobei die gedruckte Schaltung (3) und der Kern (1) relativ zueinander beweglich sind und die zweite Spule (4a) eine Mehrzahl von Bahnen mit schrägen Abschnitten, die symmetrisch bezüglich einer gemeinsamen Mittellinie, die parallel zu der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Kern (1) und der gedruckten Schaltung (3) geneigt verläuft, wobei die schrägen Abschnitte (4b) der Mehrzahl der Bahnen der zweiten Spule (4) mit Abstand voneinander angeordnet sind.

5. Verlagerungs-Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gedruckte Schaltkarte (3) zylindrisch ist.

6. Verlagerungs-Detektor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die gedruckte Schaltkarte (3) in Form einer ringförmigen Scheibe ist.

7. Verlagerungs-Detektor, gekennzeichnet durch einen Kern (1) aus einem ersten magnetischen Element mit drei Schenkeln (11; 12, 13), die an ihrem einen Ende unter Bildung eines E-förmigen Querschnitts miteinander verbunden sind, wobei der zentrale Schenkel (11) der drei Schenkel (11, 12, 13) kürzer ist als die beiden seitlichen Schenkel (12, 13), eine erste, um den zentralen Schenkel angeordnete Spule (2) und ein zweites magnetisches Element (15), das sich über die sich erstreckenden Enden der beiden seitlichen Schenkel angeordnet ist unter Bildung eines Spalts (20) zwischen den sich erstreckenden Enden des zentralen Schenkels (11) und dem zweiten magnetischen Element (15), und eine gedruckte Schaltkarte (3), die eine zweite, auf diese aufgedruckte Spule (4a) trägt und sich durch den Spalt (20) des Kerns (1) erstreckt, wobei die gedruckte Schaltkarte (3) und der Kern (1) in einer Richtung relativ zueinander beweglich sind, wobei die zweite Spule (4a) eine Mehrzahl von Bahnen hat, mit beweglichen Abschnitten, die symmetrisch geneigt sind bezüglich einer gemeinsamen Mittellinie parallel zu der Richtung der Relativbewegung zwischen dem Kern (1) und der gedruckten Schaltkarte, wobei die geneigten Abschnitte der Mehrzahl von zweiten Spulenbahnen mit Abstand voneinander angeordnet sind.



Fig. 2

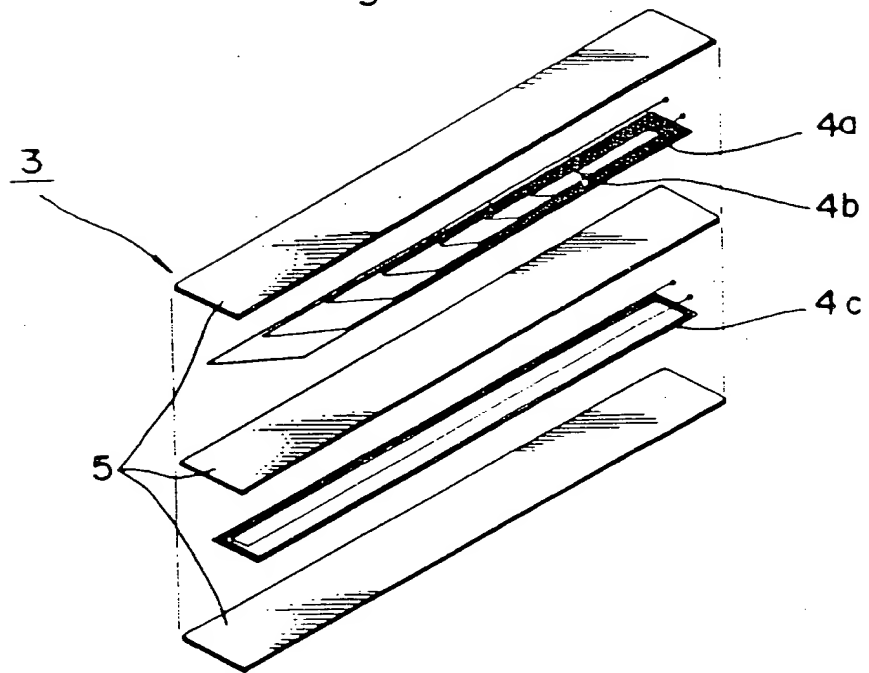


Fig. 3A

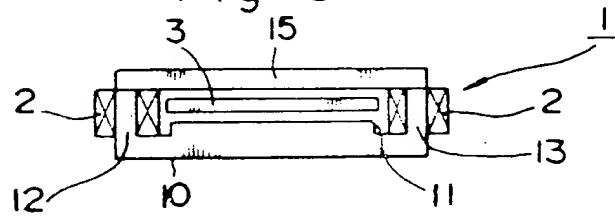


Fig. 3B

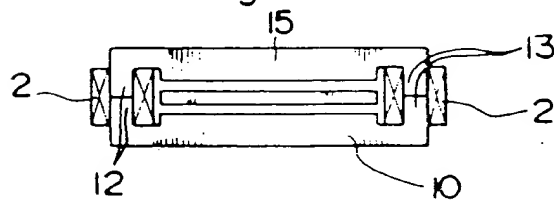


Fig. 3C

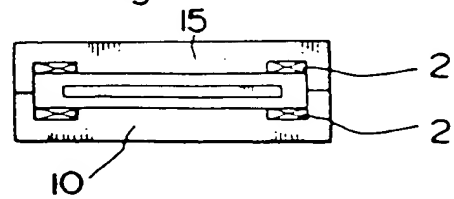




Fig. 4A

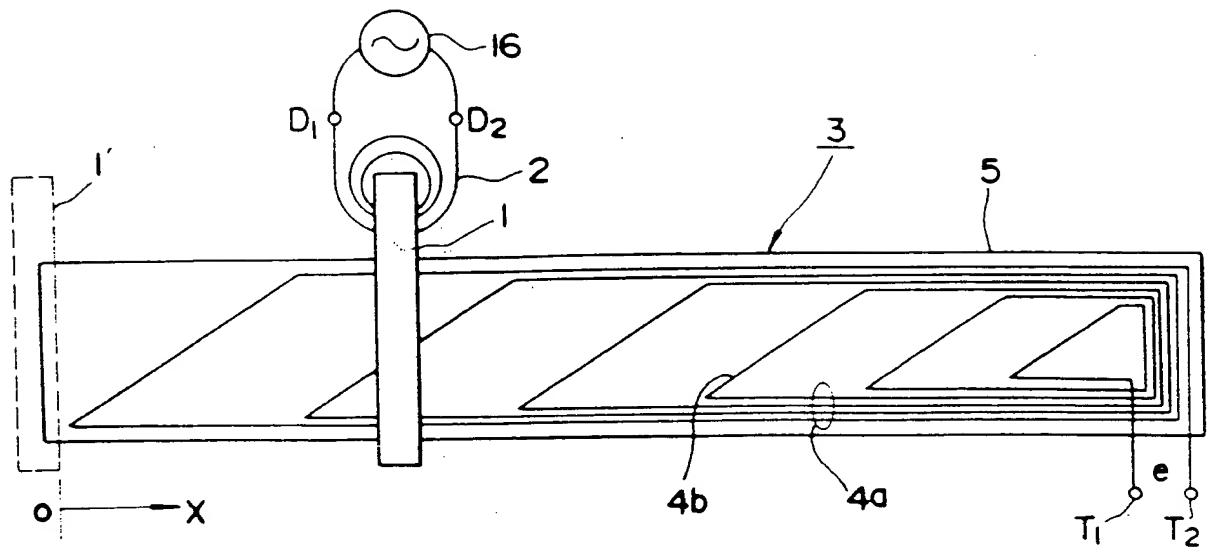


Fig. 4B

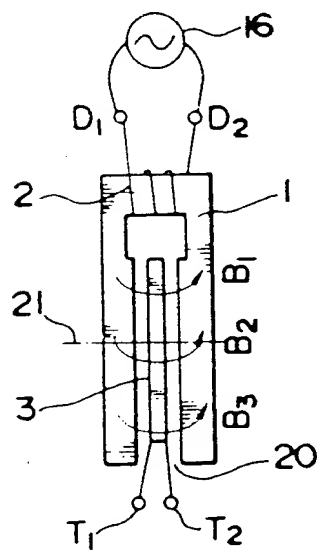


Fig. 4C

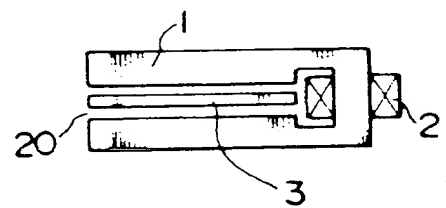


Fig. 4D

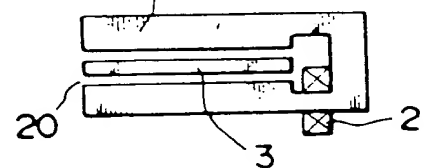


Fig. 5

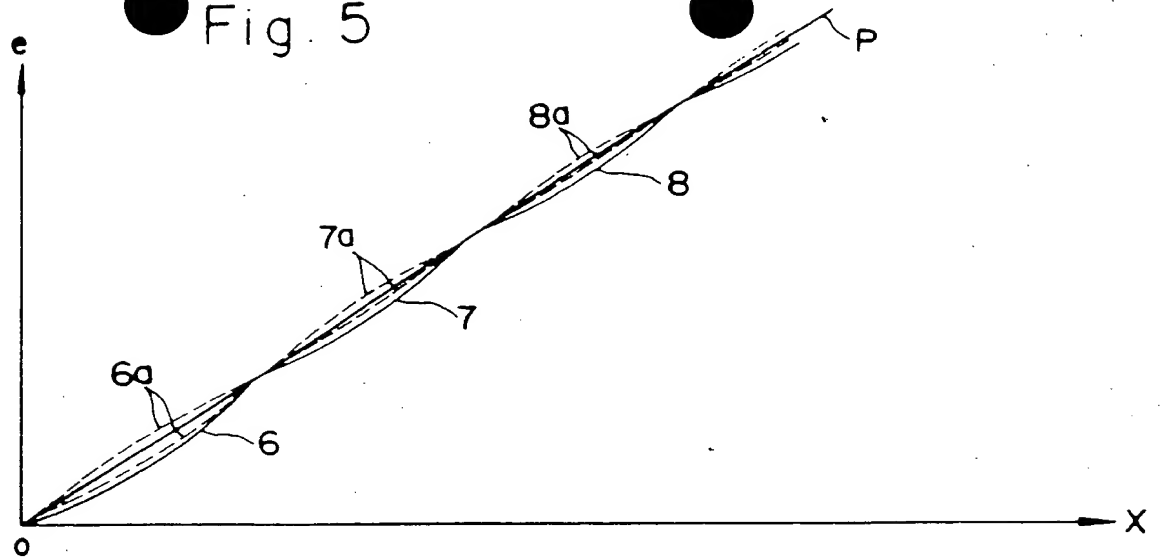


Fig. 6A

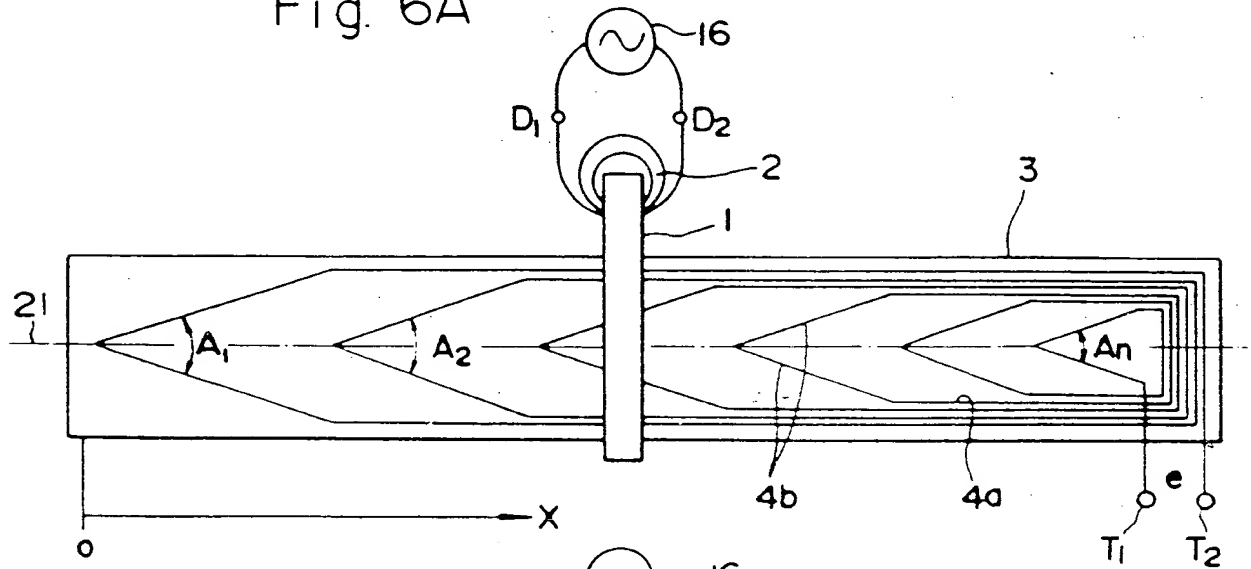


Fig. 6B

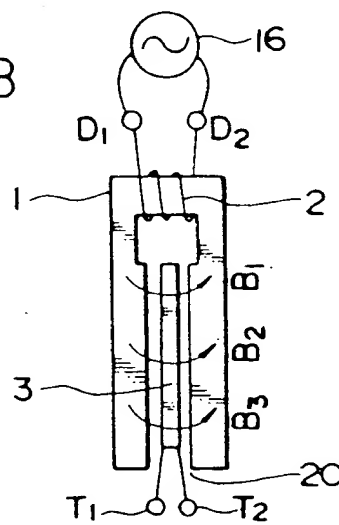


Fig. 7

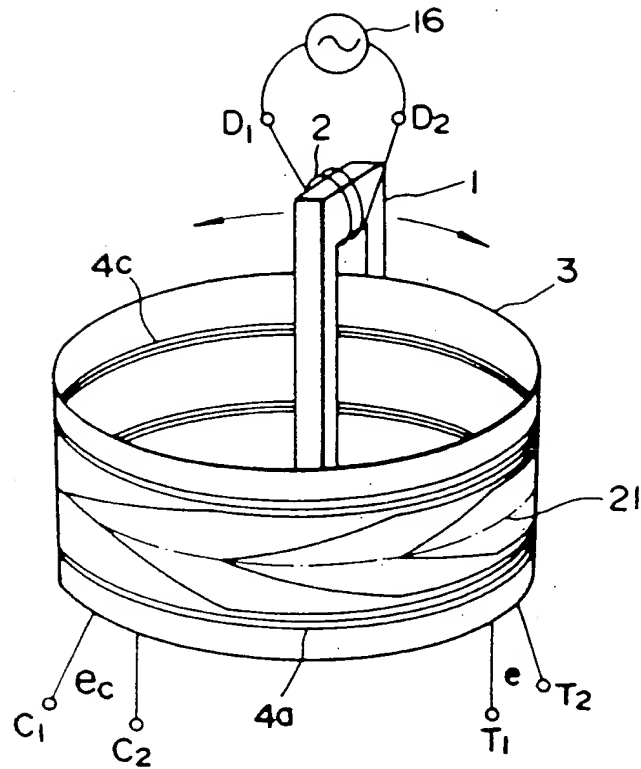
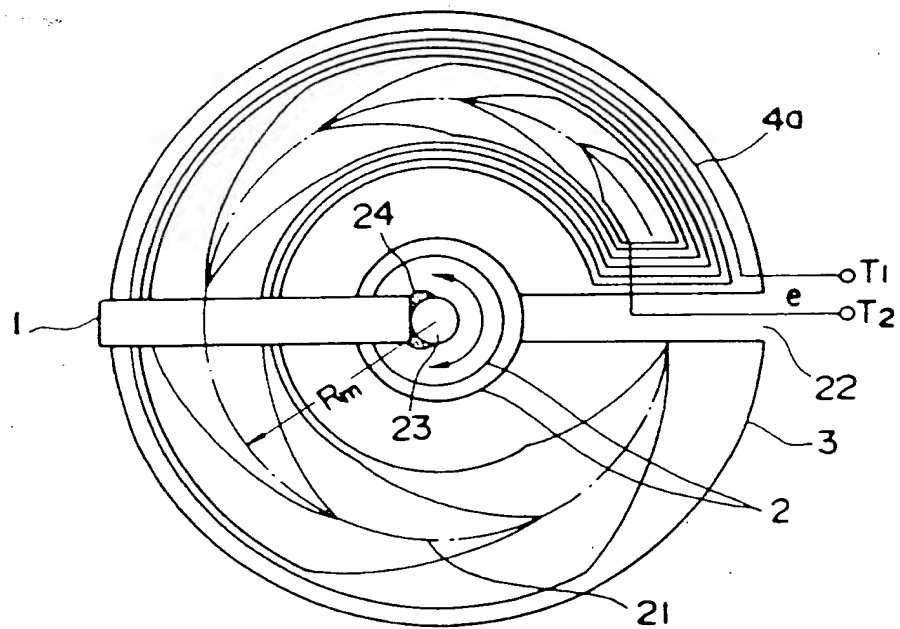


Fig. 8



3913861

Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

G 01 B 7/00  
27. April 1989  
30. November 1989

Fig. 1A

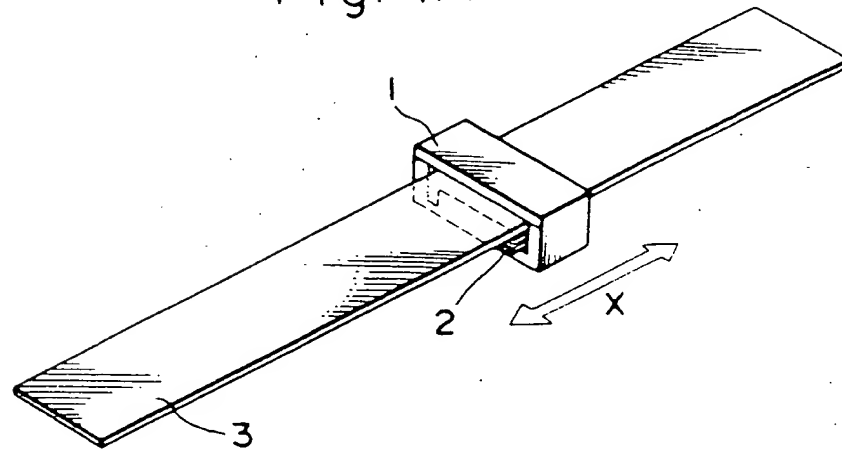


Fig. 1B

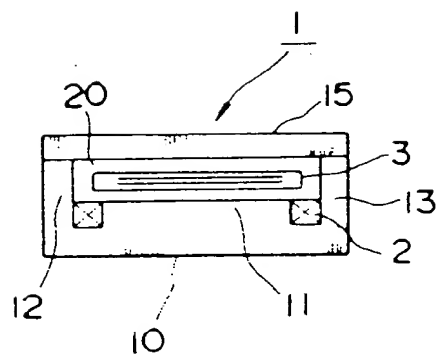
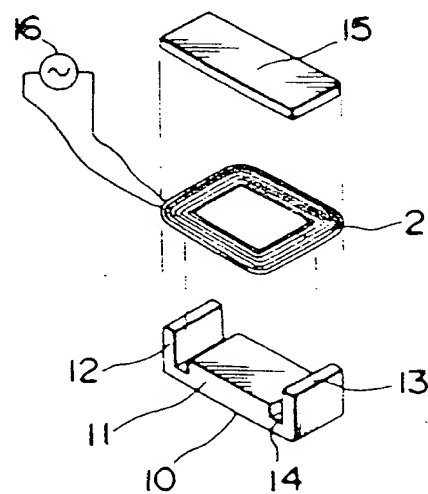


Fig. 1C



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**